Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 12, No. 1, 2021, p. 12-25 (Research Article)
DOI: 10.22067/ijpr.v12i1.79618

پژوهش‌های حبوبات ایران
سال(دوره) ۱۲ شمارهٔ۱، نیمهٔ اوّل ۱۴۰۰
صفحهٔ ۲۵-۱۲، نوع مقاله: پژوهشی

ارزیابی تأثیر تاریخ کاشت بر کارآیی مصرف نور و عملکرد ارقام نخود (*Cicer arietinum* L.) تحت شرایط اقلیمی منطقه کرمانشاه

هانیه حاجی‌شعبانی[۱]، فرزاد مندنی[۲]* و علیرضا باقری[۳]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد رشته اگرواکولوژی، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران؛
hajishabani12@yahoo.com
۲. دانشیار اکولوژی گیاهان زراعی، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران
۳. استادیار علوم شناسایی و مبارزه با علف‌های‌هرز، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران؛
a.bagheri@razi.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۱۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۸/۱۱

چکیده

به منظور بررسی تأثیر تاریخ کاشت بر کارآیی جذب و مصرف نور ارقام نخود آزمایشی به صورت کرت‌های خُردشده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در شرایط آب و هوایی کرمانشاه اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل سه تاریخ کاشت (۱۰ اسفند، ۲۰ اسفند و ۱۷ فروردین) به عنوان عامل اصلی و چهار رقم نخود (بیونیج، عادل، آرمان و ILC482) به عنوان عامل فرعی بود. نتایج نشان داد تأخیر در کاشت باعث کاهش عملکرد دانه (۴۵ درصد) و عملکرد ماده خشک کل (۳۳/۵ درصد) شد. رقم بیونیج نسبت به سایر ارقام از عملکرد بیشتری (۳۵ درصد) برخوردار بود. بیشترین شاخص سطح برگ (۳/۸) مربوط به رقم آرمان در تاریخ کاشت ۱۰ اسفند و کمترین آن (۱/۹) مربوط به رقم ILC482 در تاریخ کاشت ۱۷ فروردین بود. روند جذب نور تابع شاخص سطح برگ بود و با تأخیر در کاشت حدود ۱/۶ درصد کاهش یافت. کارآیی مصرف نور از ۱/۶ برای رقم عادل در تاریخ ۱۰ اسفند تا ۰/۷ گرم بر مگاژول برای رقم آرمان در تاریخ ۱۷ فروردین متغیر بود. تأخیر در کاشت کارآیی مصرف نور را حدود ۲۲ درصد کاهش داد، اگرچه این کاهش در ارقام مختلف متفاوت بود. به طورکلی نتایج نشان داد تأخیر در تاریخ کاشت، منجر به کاهش کارآیی مصرف نور و عملکرد دانه گردید. با این وجود در کشت دیرهنگام انتخاب ارقام مناسب توانست تا حدودی افت عملکرد ناشی از برخورد گیاه با شرایط محیطی نامناسب، به ویژه خشکی انتهای دوره رشد را کاهش دهد.

واژه‌های کلیدی: جذب نور، شاخص سطح برگ، کارآیی مصرف نور، عملکرد دانه

مقدمه

امروزه توسعه اقتصادی در هر کشور علاوه بر پیشرفت بخش صنعتی، مستلزم افزایش میزان تولید مواد غذایی در بخش کشاورزی است. با توجه به افزایش سریع جمعیت، کشور به تولید بیشتر و بهتر محصولات کشاورزی نیاز دارد و بهترین راه برای نیل به این اهداف افزایش تولید در واحد سطح، با استفاده بهینه از نهاده‌های کشاورزی و افزایش کارآیی مصرف منابعی همچون آب، عناصر غذایی، سطح زمین، نور خورشید و دی‌اکسیدکربن اتمسفر است (Ahmadi *et al*., 2018; Nassiri-Mahallati *et al*., 2015). در صورت نبود عوامل محدودکننده، نور یکی از منابع طبیعی مهم می‌باشد که با افزایش کارآیی آن می‌توان سطح تولید محصولات را افزایش داد (Awal *et al*., 2004; Mondani *et al*., 2015a). نور یکی از مؤلفه‌های اصلی رشد و تولید زیست‌توده در گیاهان بوده و تولید مادهٔ خشک در شرایط بدون تنش تابعی از زمان و تلفیقی از میزان تشعشع فعال فتوسنتزی (PAR[۲]) دریافت شده، کسری از تشعشع که توسط گیاه جذب می‌شود و کارآیی استفاده از تشعشع جذب‌شده در تبدیل به ماده خشک می‌باشد (Tsubo *et al*., 2001).

بسیاری از مدل‌های استفاده‌شده برای ارزیابی کارآیی مصرف نور در گیاهان بر اساس قانون بیر-لامبرت می‌باشند که این قانون به طور کامل در لایه‌های مختلف کانوپی قابل استفاده است (McMurtrie & Wolf, 1983). از طرفی جذب نور در طول دورهٔ رشد گیاه متغیر است (Watiki *et al*., 1993) و بیشتر تحت تأثیر شاخص سطح برگ و ضریب‌خاموشی نور کانوپی قرار می‌گیرد (Jeuffroy & Ney, 1997). کسری از تشعشع فعال فتوسنتزی که توسط

* **نویسنده مسئول:** f.mondani@razi.ac.ir

2. Photo synthetically active radiation

گیاه جذب می‌شود، بسیار وابسته به شاخص سطح برگ و آرایش برگ‌ها در کانوپی است که اهمیت آرایش برگ‌ها در کانوپی، بیشتر از میزان شاخص سطح برگ است (Zhang *et al*., 2008). افزایش شاخص سطح برگ امکان جذب بیشتر نور را فراهم می‌آورد و در گیاهانی که برگ‌ها آرایش عمودی‌تری دارند، تشعشع موجود به میزان مؤثرتری جذب گیاه می‌شود و چنین آرایشی اجازه می‌دهد تا مقادیر بیشتری نور به لایه‌های پایین‌تر کانوپی رسیده و فتوسنتز برگ‌های پایین کانوپی در بالاتر از نقطه جبرانی حفظ شود (Awal *et al*., 2006). در همین راستا افزایش جذب تشعشع توسط کانوپی گندم (*Triticum aestivum*) به علت افزایش شاخص سطح برگ ناشی از مصرف کود نیتروژن گزارش شده است (Bozorgi-hosein-abad *et al*., 2019). در تحقیق دیگری مشخص گردید که کاربرد دود-آب ناشی از سوختن بقایای گیاهی منجر به افزایش شاخص سطح برگ و جذب تشعشع توسط کانوپی گندم گردید (Noroozi-Shahri *et al*., 2018). برخی محققان نیز دریافتند که افزایش شاخص سطح برگ ذرت (*Zea mays* L.) در شرایط کاربرد مقادیر متفاوت کود نیتروژن منجر به افزایش جذب تشعشع گردید (Ahmadi *et al*., 2018).

مبنای تولید گیاهان زراعی تثبیت انرژی نورانی خورشید در مادهٔ خشک تولیدشده توسط فرآیند فتوسنتز است. فتوسنتز و در نتیجه تولید ماده خشک به طور مستقیم به میزان نور جذب‌شده توسط کانوپی مرتبط است (Beheshti *et al*., 2004). علاوه بر افزایش جذب نور به وسیله کانوپی در طول فصل رشد، افزایش کارآیی مصرف نور (LUE[1]) نیز از عوامل مؤثر بر تولید ماده خشک است. اگرچه قبلاً اعتقاد بر این بود که کارآیی مصرف نور یک گیاه در شرایط محیطی مختلف ثابت است و بیشتر تحت تاثیر ویژگی‌های ژنتیکی کنترل می‌شود (Monteith, 1977)، اما بعداً مشخص شد که عوامل محیطی و عملیات مدیریتی نظیر تغییر تاریخ کاشت، تراکم و فواصل بوته‌ها، رقم، تغییرات آب و هوایی و حاصلخیزی خاک به سبب نقش ویژه‌ای که در فتوسنتز دارد، کارآیی مصرف نور را به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهند (Bozorgi-hosein-abad *et al*., 2019; Akmal & Janssens, 2004). برخی محققان (Noroozi-Shahri *et al*., 2018) دریافتند که کاربرد دود-آب ناشی از سوزاندن بقایای گیاهی منجر به بهبود کارآیی مصرف نور گندم شد. مصرف بهینه کود نیتروژن نیز باعث افزایش کارآیی مصرف نور ذرت (Ahmadi *et al*., 2018) و گندم (Bozorgi-hosein-abad *et al*., 2019) گردید. بر همین اساس استفاده از کارآیی مصرف نور جهت برآورد میزان تولید ماده خشک توسط گیاهان زراعی به دلیل سهولت و در عین حال دقت بسیار خوب آن در سال‌های اخیر مورد توجه بسیاری از محققان قرار گرفته است (Koochaki *et al*., 2009; Eskandari *et al*., 2015) و در حال حاضر برخی از معتبرترین مدل‌های شبیه‌سازی رشد گیاهان زراعی نظیر LINTUL[2] و CERES[3] بر پایهٔ این روش طراحی شده‌اند (Sinclair & Muchow, 1999; Mondani *et al*., 2015b).

از آنجا که نیاز به افزایش بهره‌وری سیستم‌های زراعی به عنوان اولین گام در مسیر پایداری یک ضرورت مهم است، بنابراین بررسی نقش عوامل مدیریتی مانند تاریخ کاشت در بهره برداری بهینه از عوامل محیطی همچون تشعشع، اجتناب ناپذیر به نظر می‌رسد. تغییر تاریخ کاشت به دلیل تأثیر بر طول دوره زندگی گیاه بر میزان نور دریافت‌شده در طول فصل رشد، مؤثر خواهد بود. بنابراین این تحقیق با هدف ارزیابی تاریخ‌های مختلف کشت بر جذب و کارآیی مصرف نور چهار رقم نخود تحت شرایط آب و هوایی منطقه کرمانشاه اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی (طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۶ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۱۹ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۳۱۷ متر از سطح دریا) انجام شد. متوسط بارندگی سالیانه ۴۵۵ میلی‌متر و حداکثر و حداقل دمای مطلق سالانه منطقه به ترتیب، ۴۰/۸ و ۸/۲- درجه سانتی‌گراد است. اطلاعات هواشناسی منطقه مورد بررسی به‌صورت متوسط ماهانه طی دوره رشد نخود در جدول ۱ نشان داده شده است. آنالیز خاک قبل از کاشت در نمونه‌های برداشت شده از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر صورت پذیرفت و در نهایت خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک محل انجام آزمایش مشخص گردید (جدول ۲).

آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده بر پایه طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار در سیستم کشت دیم اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل سه تاریخ کاشت (۱۰ اسفند، ۲۰ اسفند و ۱۷ فروردین که بر اساس وقوع بارندگی مؤثر در نظر گرفته شد) به‌عنوان عامل اصلی و چهار رقم (بیونیج، عادل،

1. Light use effciency

2. Light Interception and Utilization: A simple general crop growth model for optimal growing conditions

3. Crop Environment REsource Synthesis

آرمان و ILC480) به‌عنوان عامل فرعی بود. عملیات آماده سازی زمین در اسفندماه سال ۱۳۹۵ انجام گرفت. بر اساس نتایج آزمون خاک به ترتیب میزان ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، کود اوره (CH_4N_2O) و سوپر فسفات تریپل ($Ca(PO_4H_2)_2$) هم‌زمان با کاشت به خاک محل آزمایش اضافه شد. در هر کرت اصلی که به ابعاد ۱۱× ۴ متر مربع بود. برای هر رقم هشت ردیف کاشت با فاصله ۳۰ سانتی‌متری توسط فوکا ایجاد شد. به‌منظور کشت ارقام ذکرشده، بذور پس از ضدعفونی با قارچ‌کش Tebaconazole DS٪۲، به روش دستی روی ردیف‌هایی با فاصله هشت سانتی‌متر و در عمق پنج تا هشت سانتی‌متر و با تراکم یکنواخت ۴۰ بوته در متر مربع کشت شد. در طی فصل رشد کنترل‌های مربوط به بیماری‌ها و مبارزه با علف‌های‌هرز در صورت لزوم با روش‌های مرسوم صورت گرفت.

جدول ۱- اطلاعات هواشناسی کرمانشاه طی دوره رشد نخود در سال زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۵

Table 1. Kermanshah weather data during the growing season of chickpea in 2016-2017

ماه **Month**	دمای حداکثر (درجۀ سانتی‌گراد) **Maximum temperature (ºC)**	دمای حداقل (درجۀ سانتی‌گراد) **Minimum temperature (ºC)**	بارندگی (میلی‌متر) **Precipitation (mm)**	تشعشع (مگاژول بر متر مربع در روز) **Radiation ($MJ\ m^{-2}\ d^{-1}$)**
اسفند March	15.0	3.1	132.6	11.4
فروردین April	21.9	8.3	64.4	14.7
اردیبهشت May	28.2	9.6	20.1	18.3
خرداد June	34.9	13.5	0.0	20.8
تیر July	39.1	18.2	0.0	18.8

جدول ۲- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 2. Soil physico-chemical properties of experimental field

عمق خاک (سانتی‌متر) **Soil Depth (cm)**	بافت خاک **Soil Texture**	رس (٪) **Clay (%)**	سیلت (٪) **Silt (%)**	شن (٪) **Sand (%)**	کربن آلی (٪) **Organic Carbon (%)**	نیتروژن (٪) **Nitrogen (%)**	اسیدیته خاک **pH**
0-30	Clay-Silt	44.3	39.0	16.7	1.5	0.17	7.4
30-60	Clay-Silt	44.7	38.7	16.7	1.1	0.17	7.4

نمونه‌برداری‌ها شامل دو بخش تخریبی و عملکرد نهایی بود. به این صورت که برای نمونه‌برداری تخریبی از هشت هفته پس از کاشت تا مرحله رسیدگی کامل، هر هفت روز یکبار پنج بوته از هر کرت (حدود ۱۲۵۰ سانتی‌متر مربع) با درنظرگرفتن اثرات حاشیه به صورت کاملاً تصادفی برداشت و برای اندازه گیری سطح برگ و وزن خشک به آزمایشگاه منتقل شد. برای اندازه‌گیری شاخص سطح برگ از تکنیک پردازش تصویر با بهره گیری از نرم‌افزار JMicro version 1.2.7 استفاده شد. به این صورت که مساحت برگ‌های هر بوته با تصویربرداری از آنها محاسبه و با تعمیم این مقدار در واحد متر مربع، شاخص سطح برگ محاسبه شد. جهت اندازه‌گیری وزن خشک نیز نمونه‌ها در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت زمان کافی قرار گرفتند.

به منظور محاسبه کارآیی مصرف نور (RUE) ابتدا تعداد ساعات آفتابی برای عرض جغرافیایی شهرستان کرمانشاه از نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی دریافت شد. سپس میزان نور روزانه خورشید به روش Goudriaan & Van Laar (1993) محاسبه گردید. نور جذب‌شده روزانه (Iabs) برای نخود بر حسب مگاژول در متر مربع بر اساس معادله زیر محاسبه شد (Sinclair & Muchow, 1999):

معادله ۱: $$I_{abs} = I_0 * (1 - \rho) * (1 - e^{(-K \times LAI)})$$

I_0: نور رسیده به بالای کانوپی (مگاژول بر متر مربع)، ρ: ضریب انعکاس نور توسط کانوپی که ۰/۰۸ منظور شد (Koocheki *et al*., 2009)، K: ضریب خاموشی نور نخود که ۰/۸ منظور شد (Hossein panahi *et al*., 2011) و LAI: شاخص سطح برگ روزانه است که بر اساس معادله زیر محاسبه گردید (Nassiri Mahallati *et al*., 2015):

معادله ۲: $$LAI = \frac{a + b \times 4 \times \left(\exp\left(-\frac{x-c}{d}\right)\right)}{\left(1 + \exp\left(-\frac{x-c}{d}\right)\right)^2}$$

در این معادله a: عرض از مبداء، b: زمان رسیدن به حداکثر LAI، c: حداکثر LAI، d: نقطه عطف منحنی است که در آن شاخص سطح برگ به ۵۰ درصد حداکثر میزان خود می رسد و x: زمان برحسب روز پس از کاشت است. سپس تشعشع

جذب‌شده در هر مرحله از حاصل ضرب نور ورودی شبیه‌سازی شده در درصد نور جذب شده به‌دست آمد و مقدارکل تشعشع جذب‌شده به صورت تجمعی از طریق حاصل‌ضرب نور ورودی شبیه‌سازی‌شده در انتگرال کسر تشعشع فعال فتوسنتزی PAR جذب‌شده نسبت به زمان محاسبه شد. کارآیی مصرف نور برحسب گرم بر مگاژول، از طریق محاسبه شیب خط رگرسیون بین ماده خشک کل تجمعی (گرم بر متر مربع) و میزان تشعشع فعال تجمعی (مگاژول بر متر مربع) محاسبه شد (Hossein panahi *et al*., 2010).

در زمان رسیدگی فیزیولوژیک، جهت برداشت نهایی بوته های واقع در یک متر مربع از هر کرت با رعایت اصول حاشیه به صورت کف‌بر برداشت شد. پس از خشک‌شدن نمونه‌ها در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در مدت زمان کافی، عملکرد دانه و عملکرد ماده خشک کل اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل داده های مستخرج از آزمایش با استفاده از نرم‌افزارSAS نسخه ۹/۴ انجام شد. جهت مقایسه میانگین‌ها از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد. همچنین برای برازش معادلات و رسم شکل‌ها به‌ترتیب از نرم‌افزارهای Slid Write و اکسل استفاده شد.

نتایج و بحث

شاخص سطح برگ

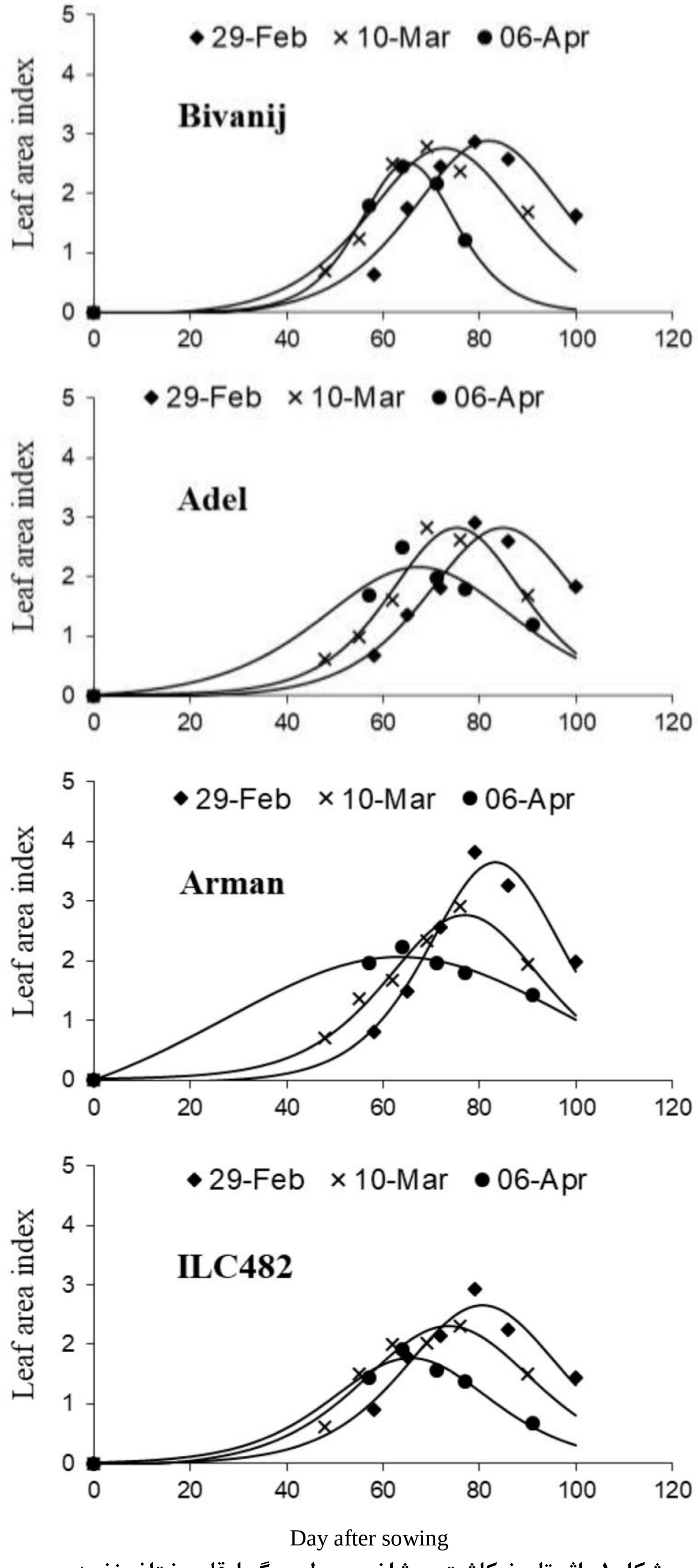
نتایج این آزمایش حاکی از روند تغییرات نسبتاً یکسان شاخص سطح برگ نخود در طول فصل رشد برای تمامی تیمارها بود (شکل ۱). در مراحل اولیه رشد به دلیل کوچک بودن بوته‌ها، ارقام نخود از شاخص سطح برگ پایینی برخوردار بودند. به تدریج و با طی‌شدن مراحل نمو فنولوژیک و تولید برگ‌های جدید، به تدریج سطح برگ وارد مرحله رشد خطی شد و سپس به حداکثر مقدار خود رسید و در اواخر فصل رشد نیز به دلیل پیری و ریزش برگ‌ها روند نزولی در پیش گرفت (شکل ۱).

همان‌گونه که در شکل ۱مشاهده می‌شود در تمام تیمارهای مورد بررسی، بعد از سبزشدن، شاخص سطح برگ در ابتدا با سرعت کم و سپس با گرم‌تر شدن هوا از ۱۵ فروردین ماه به بعد به صورت خطی با شیبی تند افزایش یافت. با این حال، در تاریخ کاشت دوم و سوم به دلیل مواجههٔ سریع‌تر گیاه با روزهای گرم و آفتابی، دورهٔ رشد نمایی شاخص سطح برگ کوتاه‌تر بوده و گیاه سریع‌تر وارد مرحله رشد خطی افزایش شاخص سطح برگ شد. شاخص سطح برگ در تاریخ‌های کاشت ۱۰ اسفند، ۲۰ اسفند و ۱۷ فروردین به ترتیب، تا ۸۰، ۶۸ و ۶۴ روز پس از کاشت روند افزایشی داشت و پس از رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ کاهش یافت. در بین تیمارهای مختلف، بیشترین (۳/۸) و کمترین (۱/۹) شاخص سطح برگ به ترتیب مربوط به رقم آرمان در تاریخ کاشت ۱۰ اسفند و رقم ILC482 در تاریخ کاشت ۱۷ فروردین بود. نتایج همچنین نشان داد که با تأخیر در کاشت، شاخص سطح برگ ارقام نخود به شدت کاهش یافت. شاخص سطح برگ برای رقم بیونیج در تاریخ کاشت۱۰ اسفند نسبت به تاریخ کاشت‌های۲۰ اسفند و ۱۷ فروردین به ترتیب حدود، ۵/۵ و ۳۶/۹ درصد، برای رقم عادل به ترتیب حدود، ۸/۳ و ۶/۸ درصد، برای رقم آرمان به ترتیب حدود، ۲۷/۶ و ۲۹/۹ درصد و برای رقم ILC482 به ترتیب حدود، ۱۴/۸ و ۵۸/۴ درصد کاهش یافت.

به نظر می‌رسد که در شرایط کشت دیرهنگام به علت کوتاه‌شدن دوره رشد رویشی نخود، کوتاهی عمر برگ‌ها و خشک‌شدن زودتر آن‌ها (نتایج نشان داده نشده است) به دلیل مواجهه شدن با دمای بالا، شاخص سطح برگ در مقایسه با کشت زودهنگام کاهش شدیدی از خود نشان داد. تأخیر در کاشت به طور متفاوتی منجر به کاهش شاخص سطح برگ ارقام مختلف نخود شد (Sadeghipor & Aghaee, 2011; Vaghar *et al*., 2009). در آزمایشی روی گل‌گاوزبان اروپایی (*Echium amoenum*) کاهش شاخص سطح برگ در کشت دیرهنگام تأیید شد (Hasanvand *et al*., 2018). از طرفی در کشت دیرهنگام به دلیل تأثیر درجه حرارت‌های بالا، شاخص سطح برگ به سرعت به بیشترین مقدار خود می‌رسد و بلافاصله کاهش می‌یابد و لذا هر چه تاریخ کاشت بیشتر به تأخیر افتد، از مقدار حداکثر شاخص سطح برگ نیز به میزان بیشتری کاسته می‌شود (Siddique *et al*., 1999).

روند جذب نور

صرف‌نظر از عامل تاریخ کاشت با افزایش شاخص سطح برگ ارقام مورد بررسی، میزان نور جذب‌شده توسط کانوپی نخود به تدریج افزایش یافته و در حدود ۶۰ تا ۸۰ روز پس از کاشت به حداکثر مقدار خود رسید و پس از آن با شروع رشد زایشی میزان تابش جذب شده به تدریج روند نزولی در پیش گرفت (شکل ۲). کاهش جذب تابش توسط کانوپی پس از گرده‌افشانی، در تیمارهای مورد بررسی به علت پیری تدریجی برگ‌های پایینی و سایه‌اندازی برگ‌های بالایی بود. اگرچه در ابتدای دوره رشد میزان کل نور ورودی زیاد بود، ولی به دلیل رشد آهسته برگ‌ها و باز بودن کانوپی، محدودیت جذب نور وجود داشت (Milford *et al*., 1995).



شکل ۱- اثر تاریخ کاشت بر شاخص سطح برگ ارقام مختلف نخود

Fig 1. The effect of snowing date on leaf area index of chickpea cultivars

افزایش میزان جذب نور و افزایش سرعت رشد هنگامی اتفاق می‌افتد که کانوپی بسته و رشد برگ‌ها وارد مرحله خطی شود. بیشترین میزان تابش جذب‌شده در زمان گلدهی به رقم آرمان در تاریخ کاشت ۱۰ اسفند (۱۸/۲ مگاژول بر متر مربع) و کمترین آن به رقم ILC482 در تاریخ کاشت ۱۷ فروردین (۱۳/۸ مگاژول بر متر مربع) مربوط بود.

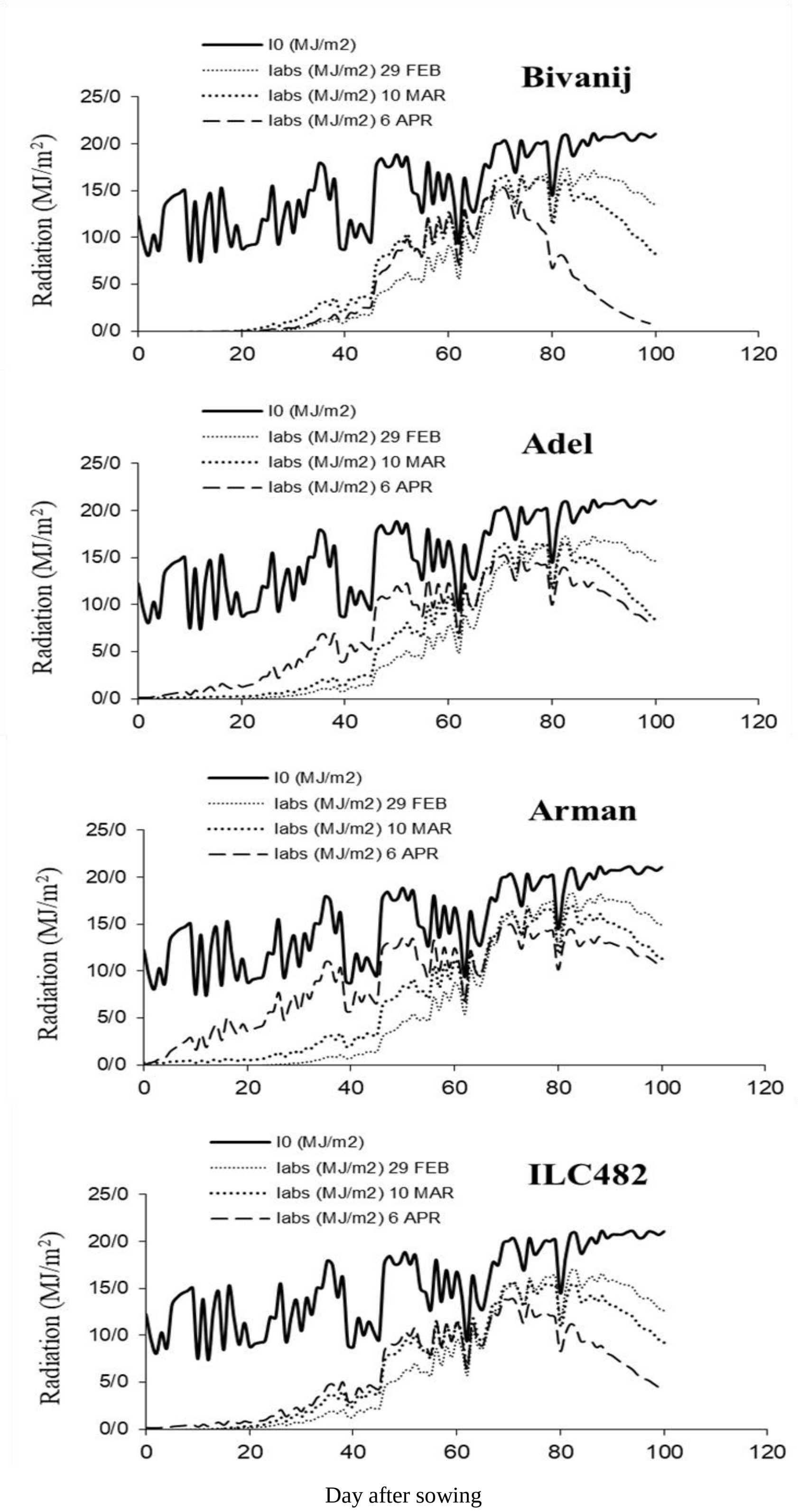
نتایج نشان داد که تأخیر در کاشت با تأثیر بر ساختمان کانوپی، الگوی جذب نور ارقام نخود را تغییر داد. میزان جذب نور رقم بیونیج در تاریخ کاشت۱۰ اسفند نسبت به تاریخ کاشت۲۰ اسفند ۶/۵ درصد افزایش و نسبت به تاریخ ۱۷ فروردین حدود ۲۹/۳ درصد کاهش یافت و برای رقم ILC482 در تاریخ کاشت اول نسبت به دو تاریخ کاشت دیگر به ترتیب حدود، ۲ درصد افزایش و ۱۲ درصد کاهش یافت (شکل ۲). این درحالی است که میزان جذب نور رقم عادل و آرمان در تاریخ کاشت اول نسبت به دو تاریخ کاشت دیگر روند افزایشی داشت. رقم آرمان نسبت به ارقام دیگر قابلیت بیشتری در میزان تابش جذب‌شده داشت. این رقم علاوه بر جذب نور بیشتر در کل فصل رشد، قادر به پوشاندن سطح زمین در اوایل فصل رشد نیز بود. در واقع این رقم توانست در بخشی از طول فصل رشد که مقدار تشعشع رسیده به سطح زمین بالاتر بود، سطح برگ خود را برای جذب نور به حد مطلوب برساند. میانگین کل تشعشع رسیده به سطح زمین در طول فصل رشد ۲۷۶۳ مگاژول بر متر مربع بود که سهم تشعشع جذب‌شده در ارقام آرمان، عادل، ILC482 و بیونیج به ترتیب ۷۸۳، ۶۹۷، ۶۶۶ و ۶۱۷ مگاژول بر متر مربع بود.

میزان جذب نور در تاریخ کاشت اول نسبت به دو تاریخ کاشت دیگر برای رقم عادل به ترتیب حدود، ۱۰/۱ و ۳۴/۶ درصد و برای رقم آرمان به ترتیب حدود، ۱۵/۵ و ۵۹/۶ درصد افزایش یافت (شکل ۲). همان‌گونه که مشاهده می‌شود، در ارقام عادل و آرمان زمان وقوع حداکثر شاخص سطح برگ و حداکثر جذب نور با هم متفاوت است، لذا به نظر می‌رسد جذب نور توسط کانوپی علاوه بر شاخص سطح برگ بالا، به چگونگی آرایش برگ‌ها و میزان انعکاس نور توسط برگ‌ها در کانوپی محصولات زراعی بستگی دارد (Sadeghipor & Aghaee, 2011). نفوذ نور در پایین سایه‌انداز گیاهی تحت تأثیر رشد رویشی گیاه قرار دارد، به طوری‌که با تأخیر در کاشت ارقام نخود، شاخص سطح برگ و تداوم سطح برگ در دوره زایشی کاهش یافت و در نهایت سبب افزایش نفوذ نور به پایین سایه انداز گیاهی و در نتیجه کاهش جذب تشعشع فعال فتوسنتزی در دوره زایشی گردید (Pezeshkpor *et al*., 2005). ارتباط مستقیم بین میزان سطح برگ و جذب تشعشع توسط سایر محققان نیز گزارش‌شده است (Shibles & Weber, 1965; Dwyer *et al*., 1992).

کارآیی مصرف نور

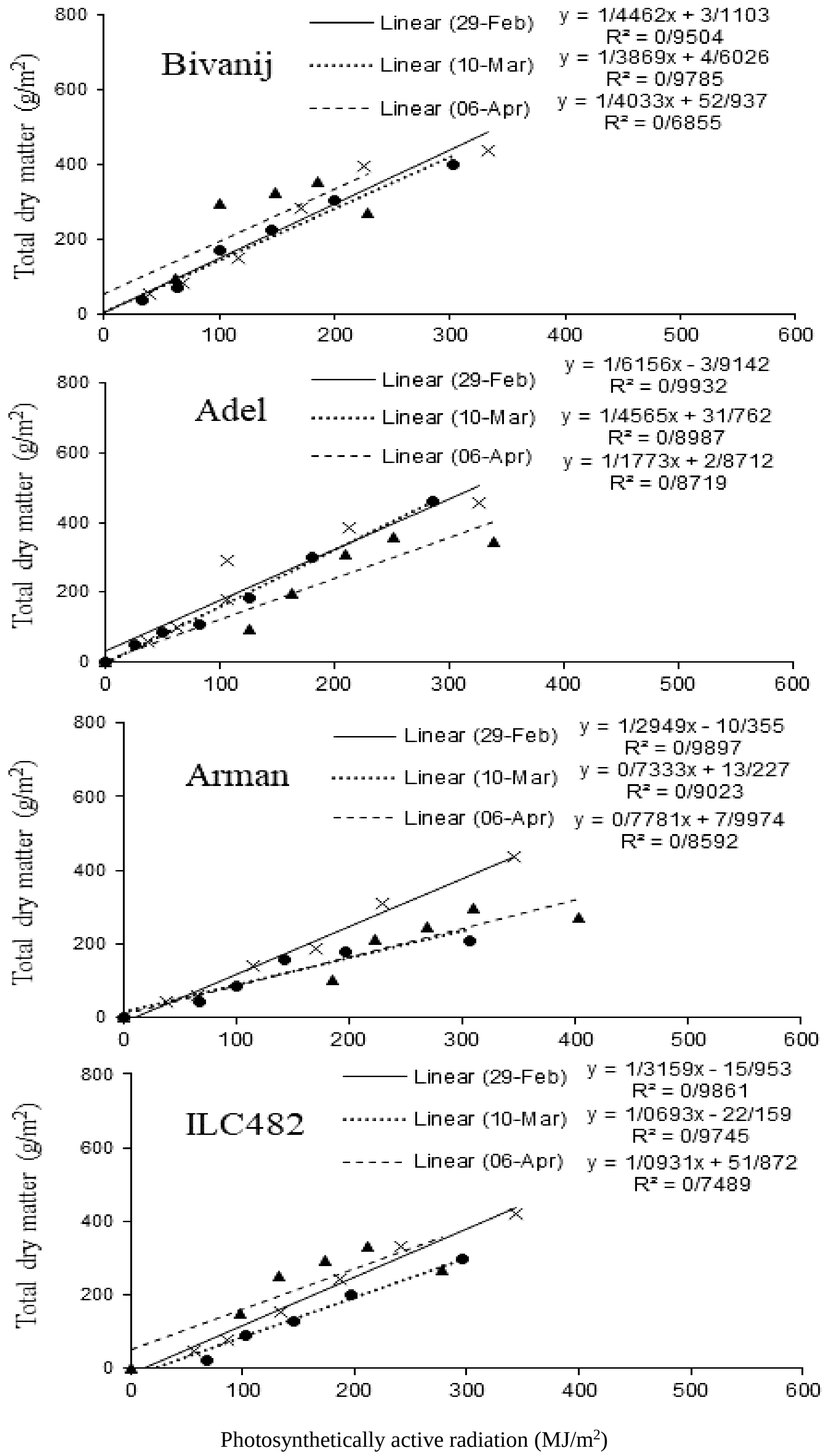
در تیمارهای مورد ارزیابی، تجمع ماده خشک نخود با میزان تشعشع فعال فتوسنتزی تجمعی ارتباط خطی داشت (شکل ۳). شیب خط رگرسیونی برازش‌یافته بین این دو صفت بیانگر کارآیی مصرف نور است که میانگین آن در طول دوره رشد از ۱/۶ گرم بر مگاژول برای رقم عادل در تاریخ ۱۰ اسفند تا ۰/۷ گرم بر مگاژول برای رقم آرمان در تاریخ ۱۷ فروردین متغیر بود (شکل ۳). با تأخیر در کاشت، کارآیی مصرف نور ارقام نخود به شدت کاهش یافت. کارآیی مصرف نور در تاریخ کاشت۲۰ اسفند و ۱۷ فروردین نسبت به تاریخ کاشت۱۰ اسفند در رقم بیونیج به ترتیب حدود، ۴/۲ و ۲/۷ درصد، در رقم عادل به ترتیب حدود، ۹/۴ و ۲۷/۳ درصد، در رقم آرمان به ترتیب حدود، ۴۳/۴ و ۴۰/۳ درصد و در رقم ILC482 به ترتیب حدود ۱۹/۱ و ۱۶/۸ درصد کاهش یافت. به نظر می‌رسد تأخیر در کاشت به دلیل برخورد با شرایط خشک و کم‌آبی آخر فصل و همچنین افزایش میانگین دما از کاشت تا رسیدگی منجر به کاهش میزان تولید آسیمیلات نخود شد که این موضوع نیز سبب افت میزان تجمع ماده خشک کل و در نتیجه کاهش کارآیی تبدیل نور به ماده خشک شد. در مطالعه ای دیگر گزارش گردید که افزایش درجه‌حرارت به میزان یک درجه سانتی‌گراد باعث کاهش کارآیی مصرف نور سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum*) به میزان ۰/۳۶ گرم بر مگاژول شد (Gregory & Marshall, 2012). محققان دیگر (Tabarzad *et al*., 2016) نیز دریافتند تأخیر در زمان کاشت، سبب کاهش مقدار کارآیی مصرف نور جو (*Hordeum vulgare*) شد.

به‌طور کلی با توجه به نتایج آزمایش، شیب افزایش ماده خشک کل به ازای تشعشع فعال فتوسنتزی تجمعی جذب‌شده برای رقم عادل از سه رقم دیگر بیشتر بود (شکل ۳) که ممکن است نشان‌دهنده کارآیی مطلوب انتقال و ذخیره مواد فتوسنتزی به اندام‌های هوایی و کاربرد آن‌ها در تولید ماده خشک باشد. به عبارت دیگر در گیاه به ازای یک واحد تابش خورشیدی جذب‌شده مقدار زیست‌توده بیشتری تولید شد.



شکل ۲- اثر تاریخ کاشت بر جذب نور ارقام مختلف نخود در کرمانشاه

Fig 2. The effect of sowing date on chickpea cultivars light absorption in Kermanshah



شکل ۳- اثر تاریخ کاشت بر کارآیی مصرف نور نخود در شرایط اقلیمی کرمانشاه

Fig 3. The effect of sowing date on chickpea radiation use efficiency under Kermanshah climate condition

وجود تنوع در مقادیر ارائه‌شده برای کارآیی مصرف نور ارقام مختلف ممکن است ناشی از ویژگی‌های فتوسنتزی نظیر کارآیی کربوکسیلاسیون و تثبیت کربن، حداکثر ظرفیت فتوسنتزی برگ‌ها (Muchow, 1990)، نوسان در محتوای نیتروژن و کلروفیل برگ‌ها (Rosati*et al*., 2004) و تفاوت های موجود در مراحل مختلف نمو گیاه باشد (Felenet *et al*., 1996; Gardner *et al*., 1990). همان‌طور که اشاره شد، مقادیر کارآیی مصرف نور نخود در این آزمایش در گسترهٔ ۰/۷ تا ۱/۶ گرم بر مگاژول متغیر بود که منطبق با نتایج سایر مطالعات بود که مقادیری بین ۰/۶ تا ۱/۸۶ را گزارش کرده‌اند (Hughes *et al*., 1987; Hossein Panahi *et al*., 2011; Singh & Rama, 1989). برخی محققان (Rahimi-Karizaki *et al*., 2007) نیز کارآیی مصرف نور نخود را یک گزارش کرده‌اند که در گسترهٔ اعداد به دست آمده در این مطالعه است.

عملکرد ماده خشک کل

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر رقم و تاریخ‌های مختلف کشت بر عملکرد ماده خشک کل نخود معنی‌دار بود، اما برهمکنش آنها بر عملکرد ماده خشک کل معنی‌دار نبود (جدول ۳). صرف‌نظر از تاریخ کاشت عملکرد ماده خشک کل رقم عادل نسبت به ارقام ILC482، بیونیج و آرمان به ترتیب حدود ۱۱/۱۶، ۱۱/۶۳ و ۲۹/۱۴ درصد افزایش داشت (جدول ۴). با تأخیر در کاشت از ۱۰ اسفند به ۲۰ اسفند و ۱۷ فروردین، عملکرد ماده خشک کل به‌ترتیب حدود ۱۰/۵۷ و ۳۳/۵۷ درصد کاهش یافت (جدول ۴).

جدول ۳- منابع تغییرات، درجه آزادی و میانگین مربعات صفات اندازه‌گیری‌شده در ارقام نخود در تاریخ‌های مختلف کاشت

Table 3. Source of variations, degree of freedom and mean of squares for measured traits in chickpea cultivars at different sowing date

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df.	میانگین مربعات (Mean of Squares) عملکرد دانه Seed yield	عملکرد ماده خشک کل Total dry matter
بلوک Block	2	198338	6475
تاریخ کاشت Sowing date(A)	2	1718938**	6809158**
خطای اصلی Main Error (E_a)	4	89643	276670
رقم Cultivar (B)	3	487462**	1347254*
تاریخ کاشت × رقم A×B	6	41370^{ns}	344032^{ns}
خطای فرعی Sub Error (E_b)	18	61573	331942
ضریب تغییرات (٪) Coefficient of Variation (%)		19.1	15.4

**معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد؛ *معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد؛ ns عدم معنی‌داری

Ns, * and **: Not significant, significant at 5% and 1% levels, respectively

به نظر می‌رسد که تأخیر در کاشت به‌علت برخورد دوره رشد گیاه با درجه‌حرارت‌های بالاتر و افزایش سرعت نمو فنولوژیک و در نتیجه کوتاه‌شدن طول دوره رشد، منجر به کاهش طول دوره جذب نور و فتوسنتز گردید که در نهایت عملکرد ماده خشک را کاهش داد. از سویی دیگر ممکن است در درجه‌حرارت‌های بالا به علت تخریب سریع‌تر آنزیم‌ها، تنفس نگهداری گیاه افزایش یافته و در نتیجه سهم فتوسنتز خالص از فتوسنتز ناخالص کاهش یابد که این موضوع در نهایت منجر به افت عملکرد ماده خشک کل می‌شود (Hammes & De Jager, 1990). کاهش عملکرد ماده خشک کل با تأخیر در کاشت توسط سایر محققان نیز گزارش‌شده است (Tabarzad *et al*., 2016). تولید ماده خشک، انعکاسی از فتوسنتز خالص گیاه است که می تواند تعیین‌کننده عملکرد گیاهان زراعی باشد. افزایش دریافت تشعشع به وسیله کانوپی در طول فصل رشد از طریق بهبود توزیع آن در میان برگ‌ها با تغییر در ساختار کانوپی به همراه بهبود کارآیی جذب نور از جمله عواملی هستند که در افزایش میزان فتوسنتز و تولید ماده خشک نقش به‌سزایی دارند (Kemanian *et al*., 2004). به طور کلی ماده خشک بیشتر ناشی از افزایش شاخص سطح برگ، جذب تشعشع و کارآیی مصرف نور است. نتایج همبستگی نیز نشان داد ماده خشک با کارآیی مصرف نور، حداکثر تشعشع جذب‌شده و شاخص سطح برگ همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری داشت (جدول ۵).

جدول ۴- عملکرد دانه و ماده خشک کل ارقام نخود در تاریخ کاشت‌های مختلف

Table 4. Grain yield and total dry matter of chickpea cultivars in different sowing date

تیمار Treatment تاریخ کاشت Sowing date	عملکرد دانه Yield (g m^{-m})	عملکرد ماده خشک کل Total dry matter (g m^{-2})
۱۰ اسفند March 1	165	439
۲۰ اسفند March 11	135	392
۱۷ فروردین April 6	90	291
LSD $_{0.05}$	34	60
رقم Cultivars		
بیونیج Bivanij	158	376
عادل Adel	124	419
آرمان Arman	102	325
ILC482	135	377
LSD $_{0.05}$	24	57

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر رقم و تاریخ کاشت بر عملکرد دانه معنی‌دار بود. این در حالی بود که برهمکنش تاثیر رقم و تاریخ کاشت بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۳). صرف‌نظر از ارقام مورد بررسی بیشترین عملکرد دانه نخود در تاریخ کاشت ۱۰ اسفند مشاهده شد که در مقایسه با عملکرد مشاهده‌شده در تاریخ کاشت ۱۷ فروردین حدود ۸۰ درصد بالاتر بود (جدول ۴). با تأخیر در کاشت از ۱۰ اسفند به ۲۰ اسفند نیز میزان عملکرد دانه حدود ۱۸ درصد کاهش یافت. صرف‌نظر از تاریخ کاشت، بیشترین عملکرد دانه متعلق به رقم بیونیج بود که نسبت به کمترین آن (رقم آرامان) ۵۵ درصد بیشتر بود (جدول ۴). نتایج همبستگی صفات نشان داد عملکرد دانه با کارآیی مصرف نور، حداکثر تشعشع جذب‌شده و وزن خشک کل همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت (جدول ۵). با این وجود بیشترین همبستگی عملکرد دانه با وزن خشک کل بود. به نظر می‌رسد وجود عوامل محیطی مناسب در تاریخ کاشت ۱۰ اسفند، نظیر تشعشع خورشیدی و درجۀ حرارت مطلوب در زمان گلدهی و پرشدن دانه موجب افزایش بازده فتوسنتزی و در نتیجه افزایش عملکرد دانه نخود شد. همچنین در تاریخ کاشت سوم عواملی مانند شاخص سطح برگ پایین، جذب کمتر تشعشع در طی مرحلۀ رشد رویشی، کوتاه‌شدن دورۀ رشد زایشی و برخورد مرحلۀ گلدهی و مراحل پس از آن با دمای بالا سبب اختلال در انتقال مواد ذخیره‌ای به دانه‌ها شده و در نهایت کاهش عملکرد را به‌دنبال داشته است (Fathi *et al*., 2003; Behtari *et al*., 2010). در بررسی تاریخ‌های مختلف کاشت گندم و جو گزارش شده است که تاریخ کاشت ۱۰ اسفند منجر به حصول بیشترین عملکرد گندم (*Triticum aestivum* L.) (۳۳۵۹ کیلوگرم در هکتار) و جو (۴۱۱۶ کیلوگرم در هکتار) نسبت به سایر تاریخ‌های کاشت شد (Shaaban *et al*., 2018).

جدول۵- ضرایب همبستگی بین صفات اندازه‌گیری‌شده در ارقام نخود در تاریخ‌های مختلف کاشت

Table 5. Correlation coefficient between measured traits in chickpea cultivars at different sowing date

صفات Traits	عملکرد دانه Yield (1)	کارآیی مصرف تشعشع Radiation use efficiency (2)	حداکثر شاخص سطح برگ Maximum leaf area index (3)	حداکثر جذب تشعشع Maximum absorbed radiation (4)	عملکرد ماده خشک کل Total dry matter (5)
(2)	0.584 *				
(3)	0.405^{ns}	0.376^{ns}			
(4)	0.604*	0.471 ^{ns}	0.930**		
(5)	0.916**	0.636*	0.636*	0.826**	

ns، * و **: به ترتیب عدم معنی‌داری و معنی دار در سطوح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد

ns, * and **: no significant and significant at the 5% and 1% probability levels, respectively

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق حاکی از آن بود که در کشت دیرهنگام نخود به دلیل کوتاه‌شدن طول دوره رشد، کاهش شاخص سطح برگ و میزان نور جذب‌شده، برخورد گیاه با شرایط کم‌آبی آخر دوره رشد و کاهش طول دوره فتوسنتز کارآیی مصرف نور کاهش یافت که در نتیجه کاهش عملکرد دانه را در پی داشت. اگرچه کارآیی مصرف نور به‌عنوان یک صفت ژنتیکی مطرح است، اما تغییر شرایط محیطی از طریق تغییر در تاریخ کاشت به شدت بر میزان آن تأثیرگذار بود، به‌طوری‌که با تأخیر در کاشت، کارآیی مصرف نور ارقام نخود در تاریخ کاشت ۲۰ اسفند و ۱۷ فروردین نسبت به تاریخ کاشت ۱۰ اسفند به ترتیب حدود ۱۸/۳ و ۲۷/۵ درصد کاهش یافت. در بین ارقام مورد مطالعه از لحاظ قابلیت‌های جذب و کارآیی مصرف نور تفاوت وجود داشت. اگرچه رقم آرمان شاخص سطح برگ بالاتری در مقایسه با سایر ارقام داشت، با این وجود به‌نظر می‌رسد ساختار کانوپی آن به شکلی بود که منجر به نفوذ تشعشع کمتری به بخش‌های پایینی گردید. این امر می‌تواند پایین‌آمدن کارآیی مصرف نور را در این رقم سبب شود. بررسی تولید ماده خشک، مقادیر جذب نور و محاسبه کارآیی مصرف نور در این چهار رقم نشان داد که رقم آرمان دارای قابلیت بالاتری (۱۸/۲ مگاژول بر متر مربع) در جذب نور در مقایسه با ارقام دیگر بود، ولی کارآیی مصرف نور کمتری در مقایسه با سایر ارقام داشت. قابلیت جذب نور رقم عادل در مقایسه با رقم آرمان اندکی کمتر بود، ولی بالاتربودن کارآیی مصرف نور این رقم موجب شد که تجمع ماده خشک تولیدشده آن در مقایسه با رقم آرمان بیشتر باشد که نشان‌دهنده کارآیی مطلوب انتقال و ذخیره مواد فتوسنتزی به اندام‌های هوایی و کاربرد آن‌ها در تولید ماده خشک بود، اما در نهایت عملکرد دانه کمتری نسبت به سایر ارقام داشت. به‌نظر می‌رسد در رقم عادل توسعه اندام‌های رویشی و ارتفاع گیاه سهم بیشتری از مواد فتوسنتزی را نسبت به دانه‌ها به خود اختصاص دادند، در حالی‌که رقم بیونیج در طول دوره رشد مواد فتوسنتزی بیشتری به دانه‌ها منتقل کرد که در نهایت عملکرد دانه بالاتری را در پی داشت. به طورکلی نتایج این تحقیق نشان داد که تأخیر در تاریخ کاشت منجر به کاهش ویژگی‌های بوم شناختی فیزیولوژیک نخود به ویژه کارآیی مصرف نور (۲۷/۵ درصد) و عملکرد دانه (۴۵/۵ درصد) گردید. با وجود این، در کشت دیرهنگام انتخاب ارقام مناسب توانست تا حدودی افت عملکرد ناشی از برخورد گیاه با شرایط محیطی نامناسب، به ویژه خشکی انتهای دوره رشد را کاهش دهد.

منابع

1. Ahmadi, M., Mondani, F., Khorramivafa, M., Mohammadi, G., and Shirkhani, A. 2018. The effect of nitrogen on radiation use efficiency and growth indices of maize hybrids (*Zea mays* L.) under Kermanshah condition. Iranian Journal of Field Crop Research 15: 885-900. (In Persian with English Summary).
2. Akmal, M., and Janssens, M. 2004. Productivity and light use efficiency of perennial ryegrass with contrasting water and nitrogen supplies. Field Crops Research 88: 143-155.
3. Awal, M., Koshi, H., and Ikeda, T. 2006. Radiation interception and use by maize/peanut intercrop canopy. Agricultural and Forest Meteorology 139: 74-83.
4. Behtari, B., Nemati, Z., Hassanpour, H., and Rezapour Fard, J. 2010. Modeling seedling emergence and growth in green bean, sunflower and maize by some nonlinear models**.** Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 20: 129-140. (In Persian with English Summary).
5. Bozorgi Hossein-Abad, A., Mondani, F., Saeedi, M., Heidari, H., and Bagheri, A. 2019. Study of radiation absorption and use efficiency of wheat cultivars (*Triticum aestivum*) under nitrogen fertilizer effect. Journal of Plant Ecophysiology 11: 202-216. (In Persian with English Summary).
6. Eskandari, B., Ezati, S., Mondani, F., and Ahmadvand, G. 2015. Evaluation of light absorption and use efficiency of soybean (*Glysine max* (L.) Merr.) in competition with redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*). Journal of Weed Research 7: 35-47. (In Persian with English Summary).
7. Fathi, G., Siadat, S., and Hemaiaty, S. 2003. Effect of sowing date on yield and yield components of three oilseed rape varieties. Acta Agronomica Hungarica 51: 249-255.
8. Gardner, F., Pearce, R., and Mitchell, R. 1985. Physiology of crop plants. Iowa State Univ. Press, Ames, IA. Physiology of Crop Plants. Iowa State Univ. Press, Ames, IA.
9. Goudriaan, J., and Van Laar, H. 2012. Modelling Potential Crop Growth Processes: Textbook with Exercises. Springer Science & Business Media.
10. Gregory, P.J., and Marshall, B. 2012. Attribution of climate change: A methodology to estimate the potential contribution to increases in potato yield in Scotland since 1960. Global Change Biology 18: 1372-1388.

11. Hammes, P., and De Jager, J. 1990. Net photosynthetic rate of potato at high temperatures. Potato Research 33: 515-520.
12. Hasanvand, H., Siadat, S.A., Bakhshandeh, A., Moradi Telavat, M.R., and Poshtdar, A. 2018. Effect of sowing dates and plant densities on flower yield and some important agronomical characteristics of European borage. Journal of Plant Production Research 25: 73-86. (In Persian with English Summary).
13. Hossein Panahi, F., Pouramir, F., Koocheki, A., Nassiri-Mahallati, M., and Ghorbani, R. 2011. Evaluation of radiation absorption and use efficiency in replacement series intercropping of chickpea (*Cicer arietinum* L.) and sesame (*Sesamum indicum* L.). Agroecology 3: 106-120. (In Persian with English Summary).
14. Hughes, G., Keatinge, J., Cooper, P., and Dee, N. 1987. Solar radiation interception and utilization by chickpea (*Cicer arietinum* L.) crops in northern Syria. The Journal of Agricultural Science 108: 419-424.
15. Jeuffroy, M.H., and Ney, B. 1997. Crop physiology and productivity. Field Crops Research 53: 3-16.
16. Kemanian, A.R., Stockle, C.O., and Huggins, D.R. 2004.Variability of barley radiation use efficiency. Crop Science 44: 1662-1672.
17. Koocheki, A., Nassiri- Mahallati, M., Mondani, F., Feizi, H., and Amirmoradi, S. 2009. Evaluation of radiation interception and use by maize and bean intercropping canopy. Agroecology 1: 13-23.
18. Mc Murtrie, R., and Wolf, L. 1983. A model of competition between trees and grass for radiation, water and nutrients. Annals of Botany 52: 449-458.
19. Mondani, F., Nasiri-Mahalati, M., and Kooghaki, A. 2015a. Modeling of sunn pest (*Eurygaster integriceps* Put.) damage on winter wheat (*Triticum aestivum*) growth and yield under climate change condition. Plant Production Technology 6: 61-75. (In Persian with English Summary).
20. Mondani, F., Nasiri-Mahalati, M., Koocheki, A., and Hajiyan-Shahri, M. 2015b. Simulation of wild oat (*Avena ludoviciana* L.) competition on winter wheat (*Triticum astivum*) growth and yield. I: Model description and validation. Iranian Journal of Field Crops Research 13: 218-231. (In Persian with English Summary).
21. Nassiri-Mahallati M., Koocheki A., Mondani F., Feizi H., and Amirmoradi S. 2015. Determination of optimal strip width in strip intercropping of maize (*Zea mays* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Northeast Iran. Journal of Cleaner Production 106: 343-350.
22. Noroozi-Shahri, F., Gholami, B., Jalali Honarmand, S., Mondani, F., and Saeedi, M. 2018. Evaluating the effect of smoke-water and nitrogen fertilizer on wheat (*Triticum aestivum* L.) ecophysiological traits. Iranian Journal of Field Crop Research 16: 459-475. (In Persian with English Summary).
23. Rahimi Karizaki, A., Soltani, A., Pourreza, J., and Zeynali, E. 2007. Estimation of extinction coefficient and radiation use efficiency in field growth chickpea. Journal of Agricultural Science and Natural Resources 14: 211-221. (In Persian with English Summary).
24. Sadeghipor, O., and Aghaei, P. 2011. Effect of different planting dates on chlorophyll content, absorbed radiation, and leaf area index of chickpea genotypes. Agricultural Research 3: 25-38. (In Persian with English Summary).
25. Shibles, R., and Weber, C. 1965. Leaf area, solar radiation interception and dry matter production by boybeans. Crop Science 5: 575-577.
26. Siddique, K., Loss, S., Regan, K., and Jettner, R. 1999. Adaptation and seed yield of cool season grain legumes in Mediterranean environments of south-western Australia. Australian Journal of Agricultural Research 50: 375-388.
27. Sinclair, T.R., and Muchow, R.C. 1999. Radiation use efficiency. Advances in Agronomy 65: 215-265.
28. Singh, P., and Rama, Y.S. 1989. Influence of water deficit on transpiration and radiation use efficiency of chickpea (*Cicer arietinum* L.). Agricultural and Forest Meteorology 48: 317-330.
29. Tabarzad, A., Ghaemi, A.A., and Zand-Parsa, S. 2016. Extinction coefficients and radiation use efficiency of barley under different irrigation regimes and sowing dates. Agricultural Water Management 178: 126-136.
30. Vaghar, M.S., Noormohammadi, G., Shams, K., Pazoki, A., and Kobraie, S. 2010. The study of the effect of sowing time on growth trend of chickpea (*Cicer arietinum* L.) varieties in Kermanshah dry farming cultivation. Journal of Plant and Biomass Research 20: 105-123. (In Persian with English Summary).
31. Watiki, J., Fukai, S., Banda, J., and Keating, B. 1993. Radiation interception and growth of maize/cowpea intercrop as affected by maize plant density and cowpea cultivar. Field Crops Research 35: 123-133.
32. Zhang, L., Van der Werf, W., Bastiaans, L., Zhang, S., Li, B., and Spiertz, J. 2008. Light interception and utilization in relay intercrops of wheat and cotton. Field Crops Research 107: 29-42.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 12, No. 1, 2021, p. 12-25 (Research Article)

Evaluation of morphological and physiological traits of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under Kermanshah region climate condition

Hajishabani[1], H., Mondani[2]*, F. & Bagheri[3], A.R.

1. MSc. Student in Agroecology, Department of Crop Production and Genetics, Razi University, Kermanshah, Iran; hajishabani12@yahoo.com
2. Associate Professor in Crop Ecology, Department of Crop Production and Genetics, Razi University, Kermanshah, Iran
3. Assistant Professor in Weed Science, Department of Crop Production and Genetics, Razi University, Kermanshah, Iran; a.bagheri@razi.ac.ir

Received: 9 March 2019
Accepted: 2 November 2019

DOI: 10.22067/ijpr.v12i1.79618

Introduction

In recent decades, agricultural production systems have already explored many methods to increase the crops yield. Most of these methods involved increasing the efficiency of resources utilization such as nutrients, solar radiation, and atmospheric CO_2. Crop growth and yield are considered as a function of photosynthetically active radiation (PAR) that is intercepted by plant as well its utilization efficiency to produce dry matter. Net primary production has often been found to be linearly related to the photosynthetically active radiation (PAR) intercepted by crops. The slope of this relationship is light use efficiency (LUE). Several authors have found close correlation between crop growth and yield with the radiation absorption and the LUE. Although, it was previously believed that the LUE is constant during the crop growing season and it is controlled more genetically, but environmental factors and management practices such as change in the sowing date, plant density, cultivars, climate, soil fertility, especially soil available nitrogen due to its specific role in photosynthesis, affect greatly the LUE. Therefore, the objectives of the present study were to evaluate light absorption and use efficiency in different sowing date for chickpea cultivars in Kermanshah regionlight absorption and use efficiency in different sowing date for chickpea cultivars in Kermanshah region climatic.

Material and Methods

A split plot experiment was conducted based on Randomized Complete Block Design during 2016-2017 at the research farm of the faculty of agriculture and natural resources of Razi University, Kermanshah, Iran (34°, 19´ N, 47°, 50´ E and altitude 1317 m). The average annual rainfall was 455 mm, and the long-term average of maximum and minimum air temperature was 22.6 and 5.9°C, respectively. Main plots had three sowing dates (February 29, Match 10 and April 6) and sub plots were composed of chickpea cultivars (Bivanij, Adel, Arman and ILC482). The measured indexes were leaf area index (LAI), radiation absorption, total dry matter (TDM), light use efficiency (LUE) and grain yield of chickpea. The LUE was calculated based on g MJ^{-1} through the slope of linear regression between total dry matter accumulation (g m^{-2}) and cumulative absorbed photosynthetically active radiation. Chickpea grain yield was measured at the physiological maturity stage.

Results and Discussion

The results showed that the maximum LAI of different chickpea cultivars decreased with the delay in sowing date. The greatest LAI (3.8) was related to Arman cultivar with the sowing date of March 1 and the lowest LAI (1.9) was related to ILC482 cultivar with the sowing date of April 6. The light absorption had the similar LAI trend that with the delay in sowing date decreased about 51%. The highest (15.9 MJ m^{-2}) and the lowest (13.4 MJ m^{-2}) light absorption were observed for Arman cultivar with the sowing date of March 1 and

***Corresponding Author:** f.mondani@razi.ac.ir

ILC482 cultivar with the sowing date of April 6, respectively. Combined analysis of variance of the results indicated that the effects of sowing date and cultivars were significant on TDM and grain yield, but the interactions of sowing date and cultivars were not significant for TDM and grain yield. The results indicated that the delay in sowing date led to reduce in the grain yield (45%) and TDM (33.5%). The highest (158 g m^{-2}) and the lowest (102 g m^{-2}) grain yield were related to Bivanij and Arman cultivars, respectively. The grain yield of Bivanij cultivar was higher (35%) compared to other cultivars. The highest LUE (1.6 g MJ^{-1}) was observed for Adel cultivar with the sowing date of March 1 and the lowest LUE (0.7 g MJ^{-1}) was related to Arman cultivar with the sowing date of April 6. Late sowing dates of March 11 and April 6 reduced LUE compared to early sowing date of February 29 about 4.2% and 2.7% in Bivanij cultivar, 9.4% and 27.3% in Adel cultivar, 43.4% and 40.3% in Arman cultivar and 19.1% and 16.8% in ILC482 cultivar, respectively.

Conclusion

In general, the results of this study show that the delay in sowing date, which is unavoidable under some climatic conditions by the farmer, lead to reduce in measured traits such as grain yield and LUE of chickpea. However, it seems that late sowing could help with the selection of suitable chickpea cultivars that could offset the yield loss due to unsuitable environmental condition such as drought stress by end of the growing season.

Keywords: Grain yield, Leaf area index, Light absorption, Light use efficiency, Total dry matter